

Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 62, № 4. С. 34–43.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2022. Vol. 62, no 4. P. 34–43.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 574.62

Оценка роста тихоокеанской устрицы при выращивании в садках разного типа

Оксана Юрьевна Вялова

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия, vyalova07@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8304-0029>

Аннотация. Приводятся результаты выращивания тихоокеанской устрицы в двух типах садков – Ostriga (Италия) и Seapa (Австралия) в бухте Ласпи (Черное море). Рассматриваются вопросы роста раковины и мягких тканей, формирования морфологических признаков, желательных при коммерческом разведении устриц – «глубокая» форма раковины и высокая степень наполненности.

Ключевые слова: устрица, *Crassostrea gigas*, марикультура, Черное море

Для цитирования: Вялова О.Ю. Оценка роста тихоокеанской устрицы при выращивании в садках разного типа // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 62, № 4 С. 34–43.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ № 121041400077-1.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHING

Original article

Growth evaluation of the Pacific oyster growing in different type cages

Oksana Y. Vialova

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the RAS, Sevastopol, Russia, vyalova07@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8304-0029>

Abstract. This study presents the results of cultivation of the Pacific oyster in two types of cages – Ostriga (Italy) and Seapa (Australia) in Laspi Bay (the Black Sea). The questions of the growth of the shell and soft tissues, the formation of morphological features that are desirable in the commercial growing of oysters - a «deep» shape of the shell and a high degree of fullness are considered.

Keywords: oyster, *Crassostrea gigas*, mariculture, the Black Sea

For citation: Vialova O.Yu. Growth evaluation of the Pacific oyster growing in different type cages. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022;62(4):34–43. (in Russ.).

The study was carrying out within the framework of the state order of the FGBUN IMBI No. 121041400077-1.

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* – вид, культивируемый практически во всех регионах Мирового океана. Успешно интродуцирована на побережье Америки, Европы, Австралии, Тасмании, Новой Зеландии. В последние годы осуществляется выращивание этого вида и в Черном море, на Крымском и Кавказском побережье. При планировании аквакультурного хозяйства следует учитывать множество факторов, оказывающих влияние на рост моллюсков, их состояние и внешний вид. Особенности природных условий определяют технологии выращивания устриц, например, культивирование на дне (или в приливной зоне), на стеллажах и ярусах, в пластиковых корзинах и сетных мешках, подвесных лотках или плавающих сетках [1–4]. Каждый способ придает новые вкусовые качества устрицам, текстуре мяса, толщине и форме раковины.

Наиболее популярной технологией разведения устриц является садковое выращивание. Разнообразие конструкций устричных садков позволяет получать устрицы заданной формы и наполненности мясом, ускорять их рост, защищать моллюсков от хищников, паразитов и вредителей, обрастаний и потерь [5, 6]. Садки могут также защищать устриц от негативных погодных условий, которые замедляют их рост. Некоторые из них, например, блокируют значительное количество солнечного света, который обесцвечивает цвет раковины.

Некоторые фермеры применяют комбинацию нескольких методов на разных этапах развития устриц, начиная с сетных мешков, а затем, перенося моллюсков в пластиковые садки, по мере того, как они становятся больше в размерах и по весу. Это позволяет значительно увеличить их темпы роста и выживаемость [2, 4].

На черноморском побережье устрицеводство только начинает развиваться в формате «пилотных» проектов. В виду отсутствия приливно-отливных явлений в Черном море, устричная марикультура может осуществляться в придонном слое, на поверхности («floating cage system») или толще воды, так называемая «подвесная культура» («suspended culture»). Большинство хозяйств применяют простую и надежную технологию «long-line», но не всегда успешно. Зачастую владельцы выбирают оборудование, исходя из личных предпочтений и экономии, без учета географии своего рыбоводного участка, тем самым ограничивая потенциал будущей морской фермы. В этой связи прикладные исследовательские работы имеют большое значение для успешного развития таких хозяйств. Результаты научных работ помогут фермерам эффективно подбирать технологии для разных морских акваторий, разбираться в конструктивных особенностях устричных садков и их применении.

Материалы и методы исследований

Характеристика района исследования

Исследования проводились на морской ферме, расположенной в бухте Ласпи (г. Севастополь, Крым), рис. 1. Район бухты Ласпи (Южный берег Крыма) географически охватывает шельфовую акваторию моря от мыса Сарыч до мыса Айя и обладает уникальными характеристиками для развития аквакультуры. Мониторинговые исследования показали, что воды бухты достаточно аэрированы от поверхности до дна благодаря интенсивному водообмену; накопления биогенных веществ и повышения их концентраций до экологически опасных уровней в районе фермы не наблюдалось [7].

Температура морской воды в зимние месяцы не опускается ниже 6–8 °С, в летний период максимум достигает 24–25 °С. Колебания солености незначительны – в пределах 17,04–17,85 ‰ (Щуров, 2019). Ветровая и волновая нагрузка типичная для Южного берега Крыма, сила ветра меняется сезонно. Летом преобладающие направления от юго-восточных до западно-северо-западных, в зимнее время – восточные и северные [8].

Типы садков и проведение экспериментов

В работе рассматривали 2 вида устричных садков, отличающихся конструкцией, способом размещения на линиях фермы и принципами действия.

Садки Seara (SE) (рис. 2) – это пластиковые устричные садки производства Австралии. Каждый садок объемом 25 л. Садки подвешиваются горизонтально к натянутому тросу или канату двумя крюками сверху. Возможно размещение нескольких садков, соединенных между собой друг над другом. Линии с садками Seara должны быть ориентированы перпендикулярно течению, чтобы обеспечить максимальный проток через них морской воды и свободное боковое движение самих садков. Обычно такие садки применяются на мелководье в приливно-отливных зонах, но в условиях Черного моря – в подвесной культуре в рамках пилотного проекта.



Рис. 1. Район расположения устричной фермы в бухте Ласпи
Fig. 1. Location of oyster farm in the Laspi Bay



Рис. 2. Садок Seara с устрицей
Fig. 2. Seara cage with oysters

Садки Ostriga (OS) (рис. 3) – это многоярусная система лотков, позволяющая выращивать моллюсков и ракообразных в различных экосистемах в подвесной культуре, на глубинах более 10 м. Садки данного типа размещаются на линиях вертикально. Данные итальянские садки максимально вместительные, на каждом лотке можно выращивать 10 кг устриц и штабелировать до 5 лотков, т.е. общая масса моллюсков в одном садке Ostriga может составлять 50 кг.

Ostriga имеет зазоры, размеры которых способствуют лучшей циркуляции воды и создают меньшее сопротивление водным потокам. Внутреннее пространство лотков со стандартной высотой обеспечивает нормальный рост устрицы, а круглая форма предотвращает заливание внутри садка.



Рис. 3. Садок Ostriga с устрицей
Fig. 3. Ostriga cage with oysters

Исследование проводили с февраля по октябрь, в остальные месяцы работы осложнялись сильными штормами. *S. gigas*, используемые в эксперименте, были получены из устричного питомника (Франция) в возрасте 3 месяцев и одной размерной группы ($m \pm SD$): высота (H , мм) $32,73 \pm 5,45$; общая масса (TW , г) $3,6 \pm 1,33$. Плотность посадки моллюсков соответствовала рекомендациям производителей садков: в Ostriga – от 550 до 560 экз., в Seapa – 1200 экз.

В ходе работы ежемесячно обследовали тихоокеанских устриц из экспериментальных садков обоих типов (в 3 повторностях). Отбирали по 100 экземпляров из каждого садка, очищали, измеряли высоту и длину раковины, общий вес моллюска, оценивали смертность. За линейные размеры раковины (H , мм) принимали максимальное расстояние от замка раковины до ее противоположного края. После измерений моллюски возвращались в садки и отправлялись снова в море. Из каждой экспериментальной группы отбирали по 30 устриц, доставляли их в лабораторию ФИЦ «ИнБИОМ», где определяли сырую массу мягких тканей, вес каждой створки. Створки устриц сушили в течение суток при 98°C , остужали до

комнатной температуры в эксикаторе и затем взвешивали на лабораторных аналитических весах. На основании полученных результатов рассчитывали индекс состояния устриц.

Индекс состояния CI – показатель, применяемый для оценки качества выращиваемых двустворчатых моллюсков и отражающий влияние условий, в которых они росли. Существует несколько расчетов CI , нами была выбрана следующая формула:

$$CI = WWm / (TW - WS) \times 100,$$

где CI – индекс состояния; WWm – сырая масса мягких тканей, г; TW – общая масса моллюска, г; WS – масса раковины, г.

Статистическая обработка результатов и построение графиков осуществлялась с помощью программ one-way ANOVA и Excel.

Результаты и их обсуждение

На протяжении всего периода наблюдался рост массы и линейных размеров устриц *C. gigas* в садках обоих типов. Так, если начальная общая масса моллюска равнялась $3,6 \pm 1,33$ г, то к октябрю эти значения увеличились до $15,50 \pm 1,63$ г в садках OS и до $20,30 \pm 1,83$ г – в садках SE (рис. 4).

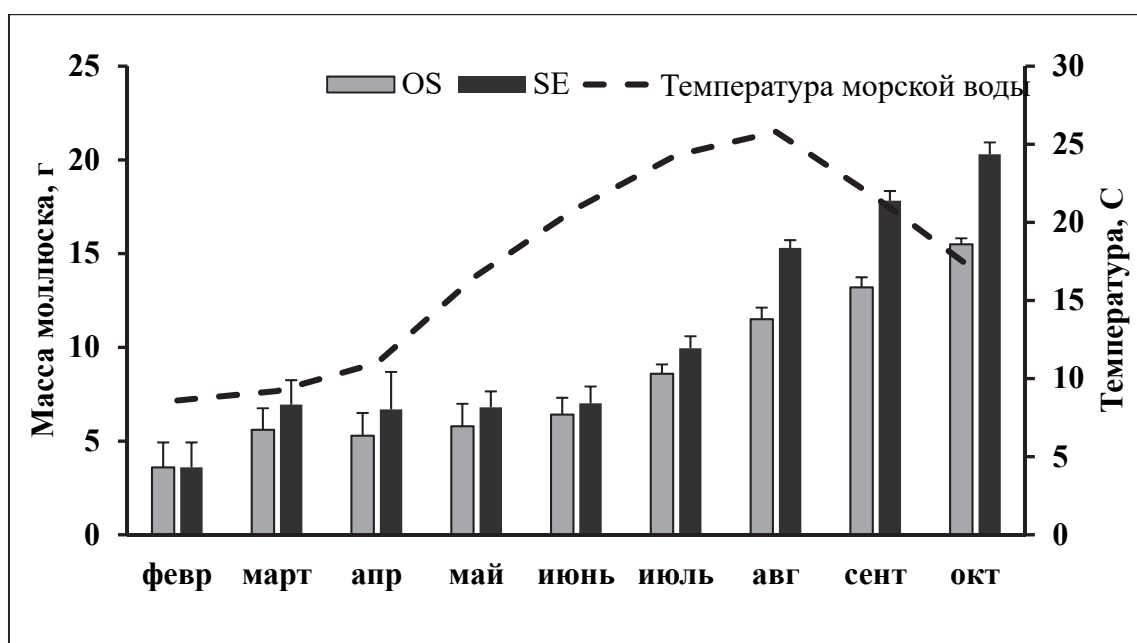


Рис. 4. Динамика роста массы устриц *C. gigas* в садках Ostriga (OS) и Seapa (SE)
Fig. 4. Weight growth dynamics of oysters *C. gigas* in Ostriga (OS) and Seapa (SE) cages

Динамика накопления массы совпадала с постепенным прогревом морской воды в бухте Ласпи, в температурных пределах от 12 до 25,8 °C. Осеннее понижение температуры воды до комфортных значений (16–20 °C) стимулировало интенсивный рост массы устриц (рис. 4).

Первый заметный линейный прирост был отмечен только в июле, и уже к октябрю размеры устриц достигали $64,0 \pm 3,02$ мм в садках OS и $58,70 \pm 3,07$ мм – в садках SE (рис. 5). Нами было отмечено отсутствие прироста раковин в последние месяцы наблюдений (с августа по октябрь) у устриц из австралийских садков Seapa.

Результаты исследований показали, что, начиная с августа, сырая масса мягких тканей и вес раковины устриц достоверно была выше в садках SE (рис. 6, 7) (one-way ANOVA, $P < 0,05$).

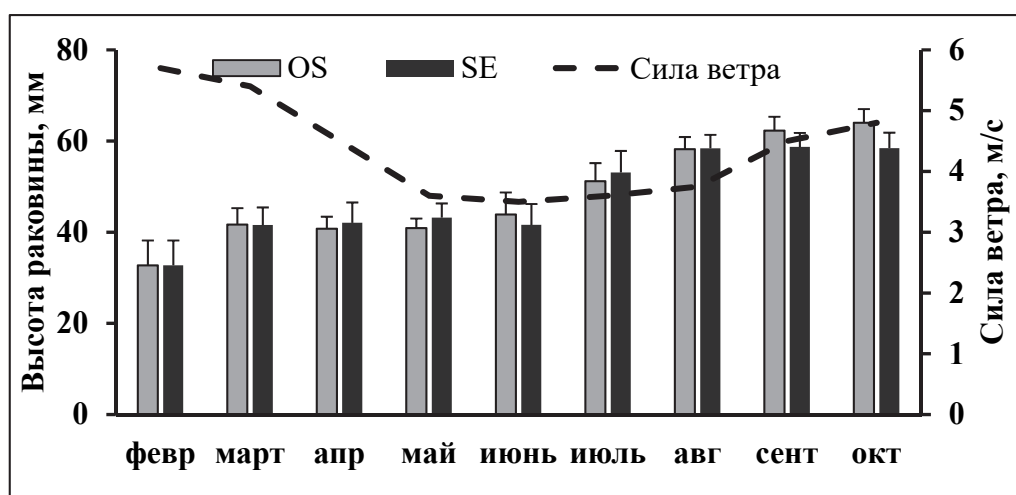


Рис. 5. Динамика линейного роста устриц *C. gigas* в садках Ostriga (OS) и Seapa (SE) и сила ветра
Fig. 5. Linear growth dynamics of oysters *C. gigas* in Ostriga (OS) and Seapa (SE) cages and wind force

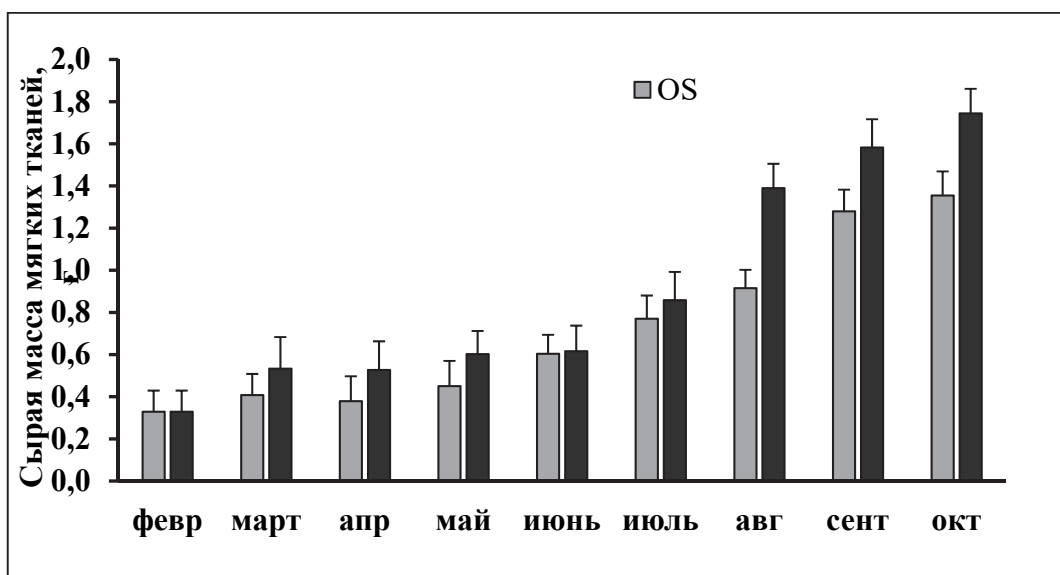


Рис. 6. Сырая масса мягких тканей устриц *C. gigas* в садках Ostriga (OS) и Seapa (SE)
Fig. 6. Wet weight of soft tissues of oysters *C. gigas* in Ostriga (OS) and Seapa (SE) cages

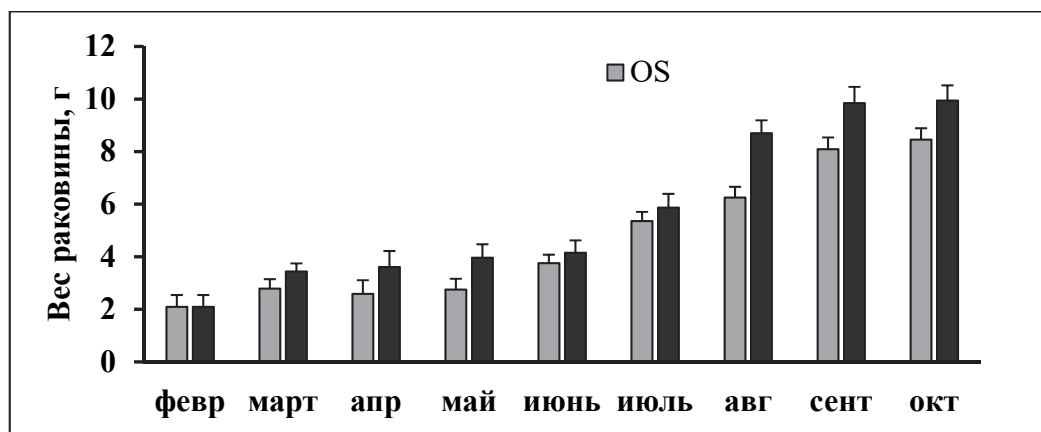


Рис. 7. Вес раковины устриц *C. gigas* в садках Ostriga (OS) и Seapa (SE)
Fig. 7. Shell weight of oysters *C. gigas* in Ostriga (OS) and Seapa (SE) cages

Расчетные индексы *CI* исследованных моллюсков изменялись в течение всего периода и находились приблизительно в одних и тех же пределах – от 14,02 до 25,04 (OS) и от 15,22 до 21,56 (SE).

За весь период исследований смертность молоди устриц составила 15 % в садках SE и 20 % – в OS.

Чашевидные устрицы рода *Crassostrea*, на долю которых приходится большая часть в мировом устрицеводстве, должны обладать не только определенными вкусовыми качествами, но и идеальной раковиной, что включает в себя чистоту, прочность, правильную форму и цвет [9]. Форма раковины моллюсков определяется генетикой, средой обитания, технологиями, принятыми в устричном хозяйстве, и взаимодействием между всеми этими факторами. У фермеров могут быть разные подходы к процессу получения устриц правильной формы. В Австралии, например, в течение всего периода выращивания тихоокеанские устрицы *C. gigas* сортируются по форме и подвергаются дополнительным манипуляциям для достижения идеальной формы, которая описывается соотношением: высота : длина : глубина = 3 : 2 : 1. Тем временем в Канаде качество восточной устрицы *C. virginica* определяют уже во время сбора урожая, и устрицы лучшей формы продаются как самые дорогие [9].

Поскольку выращивание моллюсков осуществляется в море, очевидно, что окружающая среда оказывает влияние на растущих двустворчатых моллюсков. Даже в пределах одной фермы обнаруживается изменчивость в форме раковины и ее толщине [2]. Основное влияние здесь оказывают гидродинамические характеристики места, выбранная глубина и способ выращивания. Например, в сублиторальных участках и подвесной культуре двустворчатые моллюски постоянно находятся под водой, т.е. в постоянной доступности к корму. В результате наблюдается быстрый рост раковины, который часто приводит к ее хрупкости и рыхлости. Напротив, у португальских устриц *C. angulata*, обитающих на морском крупногалечном дне, формируются круглые и глубокие раковины под действием донных течений. Вытянутая форма свидетельствует о высокой плотности устриц в природном сообществе.

Существует несколько распространенных способов формирования глубокой раковины устриц: механическое (вручную или с помощью различных устройств) удаление растущего края створок и применение технологий, при которых происходит переворачивание («кувыркание») моллюсков в садках и удаление края. Край раковины аккуратно обрывается при переворачивании, заставляя устрицу расти в другом направлении, в глубину, т.е. формировать глубокую чашевидную раковину вместо того, чтобы становиться длинной и тонкой [3, 6]. При этом укрепляется раковина быстрорастущих устриц. Глубокая нижняя (левая) створка позволяет устрице дольше сохранять внутримантийную жидкость и, соответственно, жизнеспособность вне воды. Для получения урожая моллюсков высокого качества необходимо также убедиться, что все устрицы переворачиваются равномерно.

В ходе нашей работы было протестировано 2 типа устричных садков на ферме, расположенной в бухте Ласпи. В обоих садках отмечен устойчивый линейный и весовой рост *C. gigas*. Однако следует отметить, что, начиная с августа, масса моллюсков, мягких тканей и раковины были достоверно больше у устриц из садков Seара, по сравнению с *Ostriga* ($P < 0,05$). При этом мы наблюдали снижение линейных размеров этих особей с началом осеннего периода.

Садки Seара располагаются горизонтально в толще воды на линиях фермы, конструкция и способ крепления к канатам обеспечивают их свободное боковое движение и постоянное встряхивание моллюсков [3, 9]. Устрицы непрерывно совершают перемещения по дну садка, при этом происходит обламывание растущего края, и линейный рост раковины в высоту приостанавливается. Интенсивность движения садков зависит от волновых и ветровых условий, действие которых в данном районе усиливаются в сентябре–октябре (см. рис. 5). Таким образом, в австралийских садках Seара у устриц начинает формироваться более твердая раковина и большая масса мягких тканей в период усиления ветровых явлений в бухте Ласпи.

Итальянские садки *Ostriga* располагаются вертикально в толще воды и чаще всего находятся в статическом состоянии на глубинах 3–5 м от поверхности. При этом происходит не только обрастание моллюсков, но и самих садков. Наиболее нежелательным видом для нахождения в садках с устрицей является мидия. Эти двустворчатые моллюски прикрепляются к *C. gigas* и биссусными нитями связывают устриц в плотные узлы, что в дальнейшем приводит к ограничению роста и деформации раковины. Наши наблюдения показали, что обрастания и паразиты на створках устриц практически отсутствовали в австралийских садках, по сравнению с садками *Ostriga*. Очевидно, это также связано с постоянным их перемещением (переворачиванием) внутри садка, что не позволяет организмам-обрастателям, в том числе и молодым мидиям, оседать и прикрепляться на поверхность раковин. Такой же эффект был описан в работе [6].

Индекс состояния *CI* применяется в исследованиях для определения пищевого статуса и товарного качества двустворчатых моллюсков, а также является индикатором влияния неблагоприятных факторов окружающей среды или наличия болезней [6, 10, 11]. В нашей работе мы исследовали разные технологические приемы культивирования устрицы, при которых по-разному формируется раковина *C. gigas*, ее форма и структура. Так, при выращивании в садках Сeara раковина обладала большим весом и более плотной структурой, по сравнению с моллюсками в садках *Ostriga*. Расчетные значения *CI* устриц *C. gigas* менялись в течение всего периода наблюдения, с максимальными значениями в летние месяцы. Достоверных различий *CI* между особями, культивируемыми в разных садках, установить не удалось.

Заключение

Следует отметить, что при выборе акватории для выращивания устриц необходимо учитывать гидрофизические и биологические факторы среды, которые могут поставить под угрозу рост и выживание моллюсков. Каждый район моря представляет собой уникальную комбинацию таких факторов, которые и определяют выбор видов моллюсков для дальнейшего культивирования и технологии [4,6]. Важны пилотные проекты, с помощью которых можно протестировать садковое оборудование, дающее наилучший результат и более высокие показатели роста. Экспериментальное выращивание *C. gigas*, например, на разных глубинах, позволит определить более благоприятные параметры водной среды, такие как температура, кислород, концентрация хлорофилла и органического вещества [1, 2, 4, 11]. Нет правильного или неправильного способа выращивания устриц, это зависит от местоположения и условий фермы, правильного подбора технологий и оборудования. Необходимо использовать особенности погодных условий, например, уровень волнений и ветровой режим местности, для применения соответствующих садков для выращивания устриц.

Список источников

1. Cassis D., Pearce Ch.M., Maldonado M.T. Effects of the environment and culture depth on growth and mortality in juvenile Pacific oysters in the Strait of Georgia, British Columbia // Aquaculture environment interactions. 2011. Vol. 1. P. 259–274.
2. Graham P., Brundu G., Scolamacchia M., Giglioli A., Addis P., Artioli Y., Telfer T.C., Carboni S. Improving Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg, 1793) Production in Mediterranean Coastal Lagoons: Validation of the growth model “ShellSIM” on traditional and novel farming methods // Aquaculture. 2020. Vol. 516. 734612.
3. Hood S., Webster D., Meritt D., Plough L., Parker M. Oyster production equipment comparisons 2016–2018. UMCES Horn Point Laboratory, Demonstration Oyster Farm. 2020. 49 p.
4. Díaz C., Sobenes C. Growth of *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) cultivated in different cultivation devices deployed in sheltered and non-sheltered sites of central Chile // Aquaculture research. 2022. Vol. 53, Iss. 6. P. 2330–2342.

5. Gangnery A., Chabirand J-M., Lagarde F., Le Gall P., Oheix J., Bacher C., Buestel D. Growth model of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, cultured in Thau Lagoon (Me'diterrane'e, France) // Aquaculture. 2003. Vol. 215. P. 267–290.
6. Hensey S.M. Improving the (off)-bottom line: assessing the costs and benefits of different culture techniques on an Alabama commercial oyster farm. A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University, Auburn, Alabama, May 2, 2020. 116 p.
7. Щуров С.В., Ковригина Н.П., Ладыгина Л.В. Сезонная изменчивость абиотических факторов среды и фитопланктона в районе мидийной фермы бухты Ласпи (2010–2011 гг.) // Учён. зап. Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5, № 2. С. 184–201.
8. Divinsky B.V., Kubryakov A.A. and Kosyan R.D. Interannual variability of the wind-wave regime parameters in the Black sea // Physical Oceanography, [e-journal]. 2020. Vol. 27, No. 4. P. 337–351.
9. Mizuta D.D, Wikfors G.H. Seeking the perfect oyster shell: a brief review of current knowledge. Reviews in Aquaculture. 2018. Vol. 11, No. 3. P. 586–602.
10. Li Y., Qin J.G., Li X., Benkendorff K. Monthly variation of condition index, energy reserves and antibacterial activity in Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, in Stansbury (South Australia) // Aquaculture. 2009. Vol. 286, Iss. 1–2. P. 64–71.
11. Chávez-Villalba J., Arreola-Lizárraga A., Burrola-Sánchez S., Hoyos-Chairez F. Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon // Aquaculture. 2010. Vol. 300. P. 128–136.

References

1. Cassis D., Pearce Ch.M., Maldonado M.T. Effects of the environment and culture depth on growth and mortality in juvenile Pacific oysters in the Strait of Georgia, British Columbia // Aquaculture environment interactions. 2011. Vol. 1. P. 259–274.
2. Graham P., Brundu G., Scolamacchia M., Giglioli A., Addis P., Artioli Y., Telfer T.C., Carboni S. Improving Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg, 1793) Production in Mediterranean Coastal Lagoons: Validation of the growth model “ShellSIM” on traditional and novel farming methods // Aquaculture. 2020. Vol. 516. 734612.
3. Hood S., Webster D., Meritt D., Plough L., Parker M. Oyster production equipment comparisons 2016–2018. UMCES Horn Point Laboratory, Demonstration Oyster Farm. 2020. 49 p.
4. Díaz C., Sobenes C. Growth of *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) cultivated in different cultivation devices deployed in sheltered and non-sheltered sites of central Chile // Aquaculture research. 2022. Vol. 53, Iss. 6. P. 2330–2342.
5. Gangnery A., Chabirand J-M., Lagarde F., Le Gall P., Oheix J., Bacher C., Buestel D. Growth model of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, cultured in Thau Lagoon (Me'diterrane'e, France) // Aquaculture. 2003. Vol. 215. P. 267–290.
6. Hensey S.M. Improving the (off)-bottom line: assessing the costs and benefits of different culture techniques on an Alabama commercial oyster farm. A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University, Auburn, Alabama, May 2, 2020. 116 p.
7. Shchurov S.V., Kovrigina N.P., Ladygina L.V. Seasonal variation of abiotic factors of environment and phytoplankton in the Laspi bay mussel farm area (2010–2011) // Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology. 2019. Vol. 5, No. 2. P. 184–201.
8. Divinsky B.V., Kubryakov A.A. and Kosyan R.D. Interannual variability of the wind-wave regime parameters in the Black sea // Physical Oceanography, [e-journal]. 2020. Vol. 27, No. 4. P. 337–351.

9. Mizuta D.D, Wikfors G.H. Seeking the perfect oyster shell: a brief review of current knowledge. *Reviews in Aquaculture*. 2018. Vol. 11, No. 3. P. 586–602.

10. Li Y., Qin J.G., Li X., Benkendorff K. Monthly variation of condition index, energy reserves and antibacterial activity in Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, in Stansbury (South Australia) // *Aquaculture*. 2009. Vol. 286, Iss. 1–2. P. 64–71.

11. Chávez-Villalba J., Arreola-Lizárraga A., Burrola-Sánchez S., Hoyos-Chairez F. Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon // *Aquaculture*. 2010. Vol. 300. P. 128–136.

Информация об авторе

О.Ю. Вялова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, SPIN-код: 1373-3515, AuthorID: 979304.

Information about the author

O.Yu. Vialova – PhD in Biology, Senior Researcher, SPIN-code: 1373-3515, AuthorID: 979304.

Статья поступила в редакцию 29.11.2022, одобрена после рецензирования 01.12.2022, принята к публикации 07.12.2022.

The article was submitted 29.11.2022, approved after reviewing 01.11.2022, accepted for publication 07.12.2022.